

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-285080

(43)Date of publication of application : 12.10.2001

(51)Int.Cl. H03M 13/29  
H03M 13/13  
H03M 13/27  
H04N 7/24

(21)Application number : 2000-097946

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 30.03.2000

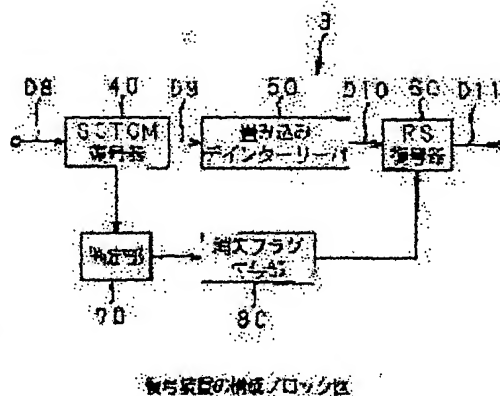
(72)Inventor : MIYAUCHI TOSHIYUKI  
YAMAMOTO KOHEI

(54) DECODING DEVICE AND METHOD AND RECORDING MEDIUM HAVING DECODING PROGRAM RECORDED THEREON

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately and efficiently decode even a code, in which a random error occurs with high probability.

SOLUTION: This decoding device 3 is provided with an SCTCM decoder 40 for decoding a code by Serial Concatenated Trellis Coded Modulation (hereafter to be described as SCTCM) system as an internal code, a convolutional deinterleaver 50 for returning the sequences of inputted data to the original state, an RS decoder 60 for decoding a Reed-Solomon code (hereafter to be described as RS code) as an external code, and a deciding part 70 for deciding whether many or few errors are included in decode data 9 generated by the decoder 40. The device 3 performs loss correction with the decoder 60 according to decision results obtained with the part 70.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-285080

(P2001-285080A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001.10.12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	フォーマット (参考)
H 0 3 M 13/29		H 0 3 M 13/29	5 C 0 5 9
	13/13	13/13	5 J 0 6 5
	13/27	13/27	
H 0 4 N 7/24		H 0 4 N 7/13	A

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-97946(P2000-97946)

(22) 出願日 平成12年3月30日 (2000.3.30)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 宮内 俊之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 山本 耕平

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

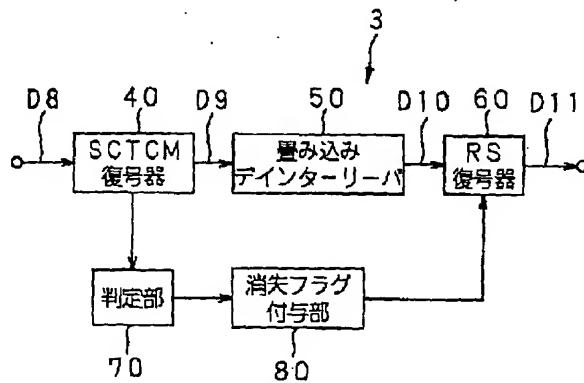
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 復号装置、復号方法及び復号プログラムが記録された記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 高い確率でランダム誤りが生じた符号に対しても高精度に且つ効率よく復号を行う。

【解決手段】 復号装置3は、内符号としての縦列接続符号化変調 (以下、SCTCMと記す。) 方式による符号の復号を行うSCTCM復号器40と、入力したデータの順序を元に戻す畳み込みデインターリーバ50と、外符号としてのリード・ソロモン符号 (以下、RS符号と記す。) の復号を行うRS復号器60と、SCTCM復号器40により生成された復号データD9に含まれる誤りの多少を判定する判定部70とを備える。復号装置3は、RS復号器60によって、判定部70により得られた判定結果に応じて、消失訂正を行う。



復号装置の構成ブロック図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力されたデータに対して、消失訂正が可能な第1の符号による符号化を行う第1の符号化手段と、第2の符号による符号化を行う第2の符号化手段とを、インターリーブ手段を介して接続した符号化機器により符号化された符号の復号を行う復号装置であって、上記第2の符号の復号を行う第1の復号手段と、上記インターリーブ手段により並べ替えられたデータの符号ブロック配列を、上記第1の符号により符号化されたデータの符号ブロック配列に戻すように、上記第1の復号手段により復号されて供給された復号データにデインターリーブを施すデインターリーブ手段と、上記第1の符号の復号を行う第2の復号手段と、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定する判定手段とを備え、

上記第2の復号手段は、上記判定手段により得られた判定結果に応じて、消失訂正を行うことを特徴とする復号装置。

【請求項2】 上記判定手段により得られた判定結果を示す判定情報に基づいて、上記復号データが消失されたことを示す消失フラグを付与する消失フラグ付与手段を備え、

上記第2の復号手段は、上記消失フラグ付与手段から供給される上記消失フラグを付与したことを示すフラグ情報に基づいて消失訂正を行うことを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項3】 上記判定手段は、上記第2の符号のフレーム単位で上記復号データに含まれる誤りの多少を判定し、

上記消失フラグ付与手段は、上記フレーム単位で上記消失フラグを付与することを特徴とする請求項2記載の復号装置。

【請求項4】 上記判定手段は、上記復号データを上記第2の符号化手段と同一の符号化手段により再符号化して得られたデータと、上記第1の復号手段に入力された受信語とを比較し、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定することを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項5】 上記判定手段は、上記復号データを上記第2の符号化手段における要素符号により再符号化して得られたデータと、上記第1の復号手段により生成される事前確率情報を硬判定して得られるデータとを比較し、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定することを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項6】 上記判定手段は、上記第1の復号手段により生成される情報ビット及び／又は符号ビットの尤度を示す事後確率情報の分布に基づいて、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定することを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項7】 上記判定手段は、上記第1の復号手段に

より生成される情報ビット及び／又は符号ビットの尤度を示す事後確率情報の収束状況に基づいて、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定することを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項8】 上記第1の符号は、リード・ソロモン符号であることを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項9】 上記第2の符号は、縦列連接符号化変調方式による符号であることを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項10】 上記第2の符号は、縦列連接畳み込み符号であることを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項11】 上記第2の符号は、ターボ符号化変調方式による符号であることを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項12】 上記第2の符号は、並列連接畳み込み符号であることを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項13】 上記インターリーブ手段は、ブロックインターリーブであり、上記デインターリーブ手段は、ブロックデインターリーブであることを特徴とする請求項1記載の復号装置。

【請求項14】 入力されたデータに対して、消失訂正が可能な第1の符号による符号化を行う第1の符号化工程と、第2の符号による符号化を行う第2の符号化工程とを、インターリーブ工程を介して接続して行う符号化方法により符号化された符号の復号を行う復号方法であって、

上記第2の符号の復号を行う第1の復号工程と、上記インターリーブ工程にて並べ替えられたデータの符号ブロック配列を、上記第1の符号により符号化されたデータの符号ブロック配列に戻すように、上記第1の復号工程にて復号されて供給された復号データにデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、上記第1の符号の復号を行う第2の復号工程と、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定する判定工程とを備え、

上記第2の復号工程では、上記判定工程にて得られた判定結果に応じて、消失訂正を行うことを特徴とする復号方法。

【請求項15】 上記判定工程にて得られた判定結果を示す判定情報に基づいて、上記復号データが消失されたことを示す消失フラグを付与する消失フラグ付与工程を備え、

上記第2の復号工程では、上記消失フラグ付与工程にて上記消失フラグを付与したことを示すフラグ情報に基づいて消失訂正を行うことを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項16】 上記判定工程では、上記第2の符号のフレーム単位で上記復号データに含まれる誤りの多少を判定し、上記消失フラグ付与工程では、上記フレーム単位で上記

消失フラグを付与することを特徴とする請求項15記載の復号方法。

【請求項17】 上記判定工程では、上記復号データを上記第2の符号化工程と同一の符号化工程にて再符号化して得られたデータと、上記第1の復号工程にて入力された受信語とを比較し、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定することを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項18】 上記判定工程では、上記復号データを上記第2の符号化工程における要素符号により再符号化して得られたデータと、上記第1の復号工程にて生成される事前確率情報を硬判定して得られるデータとを比較し、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定することを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項19】 上記判定工程では、上記第1の復号工程にて生成される情報ビット及び／又は符号ビットの尤度を示す事後確率情報の分布に基づいて、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定することを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項20】 上記判定工程では、上記第1の復号工程にて生成される情報ビット及び／又は符号ビットの尤度を示す事後確率情報の収束状況に基づいて、上記復号データに含まれる誤りの多少を判定することを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項21】 上記第1の符号として、リード・ソロモン符号を用いることを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項22】 上記第2の符号として、縦列連接符号化変調方式による符号を用いることを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項23】 上記第2の符号として、縦列連接畳み込み符号を用いることを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項24】 上記第2の符号として、ターボ符号化変調方式による符号を用いることを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項25】 上記第2の符号として、並列連接畳み込み符号を用いることを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項26】 上記インターリーブ工程では、ブロックインターリーブを行い、上記デインターリーブ工程では、ブロックデインターリーブを行うことを特徴とする請求項14記載の復号方法。

【請求項27】 入力されたデータに対して、消失訂正が可能な第1の符号による符号化を行う第1の符号化工程と、第2の符号による符号化を行う第2の符号化工程とを、インターリーブ工程を介して接続して行う符号化方法により符号化された符号の復号を行うコンピュータ制御可能な復号プログラムが記録された記録媒体であって、

上記復号プログラムは、

上記第2の符号の復号を行う第1の復号工程と、  
上記インターリーブ工程にて並べ替えられたデータの符号ブロック配列を、上記第1の符号により符号化されたデータの符号ブロック配列に戻すように、上記第1の復号工程にて復号されて供給された復号データにデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、

上記第1の符号の復号を行う第2の復号工程と、  
上記復号データに含まれる誤りの多少を判定する判定工程とを備え、

上記第2の復号工程では、上記判定工程にて得られた判定結果に応じて、消失訂正を行うことを特徴とする復号プログラムが記録された記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、連接符号化されたデータを復号する復号装置、復号方法及び復号プログラムが記録された記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、例えば、移動体通信や深宇宙通信といった通信分野、地上波又は衛星デジタル放送といった放送分野、及び記録媒体に対する記録及び／又は再生を行う磁気、光又は光磁気記録分野の研究が著しく進められているが、それにともない、誤り訂正符号化及び復号の効率化を目的として符号理論の研究も盛んに行われている。

【0003】符号性能の理論的限界としては、いわゆるシャノンの通信路符号化定理により与えられるシャノン限界が知られている。シャノンの通信路符号化定理とは、「通信路容量 $C$ （ビット／シンボル）の通信路を用いて伝送速度 $R$ （ビット／シンボル）で情報を伝送する場合に、 $R \leq C$ であるならば、誤り確率を限りなく“0”に近づけることができる符号化方法が存在する」という定理であり、シャノン限界とは、誤りなしに送信可能な伝送速度の理論上の限界である。

【0004】このシャノン限界に近い性能を示す符号化方法として、例えば、C. BerrouらによるU.S. Patent # 5,446,747号公報に記載され、ターボ符号・復号と呼ばれる並列連接畳み込み符号（Parallel Concatenated Convolutional Codes）による符号化・復号方法が知られている。

【0005】この並列連接畳み込み符号による符号化は、2つの畳み込み符号化器とインターリーブとを並列に接続して構成される装置により行われる。そして、並列連接畳み込み符号の復号は、軟出力（soft-output）を出力する2つの復号回路により構成される装置により行われ、2つの復号回路の間で情報をやり取りし、最終的な復号結果が得られる。

【0006】また、シャノン限界に近い性能を示す符号化方法として、例えば、「S. Benedetto, G. Montorsi,

D. Divsalar, F. Pollara, "Serial Concatenation of Interleaved Codes: Performance Analysis, Design, and Iterative Decoding", TDA Progress Report 42-1 26, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, Aug. 15, 1996」に記載されている縦列接続畳み込み符号 (Serially Concatenated Convolutional Codes) による符号化方法も知られている。

【0007】この縦列接続畳み込み符号による符号化は、2つの畳み込み符号化器とインターリーブとを縦列に接続して構成される装置により行われる。そして、縦列接続畳み込み符号の復号は、軟出力 (soft-output) を出力する2つの復号回路を縦列に接続して構成される装置により行われ、2つの復号回路の間で情報をやり取りし、最終的な復号結果が得られる。

【0008】以下、並列接続畳み込み符号又は縦列接続畳み込み符号による符号化を行う符号化装置、及び並列接続畳み込み符号又は縦列接続畳み込み符号の復号を行う復号装置について説明する。なお、以下の説明においては、図11に示すように、ディジタル情報を図示しない送信装置が備える符号化装置201、401により並列接続畳み込み符号化又は縦列接続畳み込み符号化し、その出力を雑音のある無記憶通信路202、402を介して図示しない受信装置に入力して、この受信装置が備える復号装置203、403により復号し、観測する場合を考える。

【0009】まず、並列接続畳み込み符号による符号化を行う符号化装置201、及び並列接続畳み込み符号の復号を行う復号装置203について説明する。

【0010】並列接続畳み込み符号による符号化を行う符号化装置201としては、例えば図12に示すように、入力したデータを遅延させる遅延器210と、畳み込み演算を行う2つの畳み込み符号化器220、240と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ230とを備えるものがある。この符号化装置201は、入力した1ビットの入力データD201に対して、符号化率が $1/3$ の並列接続畳み込み演算を行い、3ビットの符号化データD204、D205、D206に変換し、図示しない変調器等を介して外部に出力する。

【0011】遅延器210は、3ビットの符号化データD204、D205、D206が出力されるタイミングを合わせるために備えられるものであって、1ビットの入力データD201を入力すると、この入力データD201をインターリーブ230が要する処理時間と同じ時間だけ遅延させる。遅延器210は、遅延させて得られた遅延データD202を、符号化データD204として外部に出力するとともに、後段の畳み込み符号化器220に出力する。

【0012】畳み込み符号化器220は、遅延器210から出力された1ビットの遅延データD202を入力す

ると、この遅延データD202に対して畳み込み演算を行い、演算結果を1ビットの符号化データD205として外部に出力する。

【0013】インターリーブ230は、1つのビット系列からなる入力データD201を入力し、この入力データD201を構成する各ビットの順序を並べ替え、生成したインターリーブデータD203を後段の畳み込み符号化器240に出力する。

【0014】畳み込み符号化器240は、インターリーブ230から供給される1ビットのインターリーブデータD203を入力すると、このインターリーブデータD203に対して畳み込み演算を行い、演算結果を1ビットの符号化データD206として外部に出力する。

【0015】このような符号化装置201は、1ビットの入力データD201を入力すると、この入力データD201を組織成分の符号化データD204として、遅延器210を介してそのまま外部に出力するとともに、畳み込み符号化器220による遅延データD202の畳み込み演算の結果得られる符号化データD205と、畳み込み符号化器240によるインターリーブデータD203の畳み込み演算の結果得られる符号化データD206とを外部に出力することによって、全体として、符号化率が $1/3$ の並列接続畳み込み演算を行う。この符号化装置201により符号化されたデータは、図示しない変調器により所定の変調方式に基づいて信号点のマッピングが行われ、無記憶通信路202を介して受信装置に出力される。

【0016】一方、符号化装置201による並列接続畳み込み符号の復号を行う復号装置203としては、例えば図13に示すように、軟出力復号を行う2つの軟出力復号回路250、280と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ260と、入力したデータの順序を元に戻す2つのデインターリーブ270、310と、2つのデータを加算する加算器290と、入力したデータを2値化する2値化回路300とを備えるものがある。この復号装置203は、無記憶通信路202上で発生したノイズの影響によりアナログ値をとり軟入力 (soft-input) とされる受信語D207、D208、D209から符号化装置201における入力データD201を推定し、復号データD216として出力する。

【0017】軟出力復号回路250は、符号化装置201における畳み込み符号化器220に対応して備えられるものであり、いわゆるBCJR (Bahl, Cocke, Jelinek and Raviv) アルゴリズムに基づくMAP (Maximum A Posteriori probability) 復号やSOVA (Soft Output Viterbi Algorithm) 復号を行うものである。軟出力復号回路250は、受信装置により受信され、符号化データD204、D205に対応する軟入力受信語D207、D208を入力するとともに、デインターリーブ270から出力された軟入力の情報ビットに対する事

前確率情報D210を入力し、これらの受信語D207、D208と事前確率情報D210とを用いて、軟出力復号を行う。そして、軟出力復号回路250は、符号の拘束条件により求められる情報ビットに対する外部情報D211を生成し、この外部情報D211を後段のインターリーブ260に軟出力として出力する。

【0018】インターリーブ260は、軟出力復号回路250から出力された軟入力である情報ビットに対する外部情報D211に対して、符号化装置201におけるインターリーブ230と同一の置換位置情報に基づいたインターリーブを施す。インターリーブ260は、インターリーブして得られたデータを後段の軟出力復号回路280における情報ビットに対する事前確率情報D212として出力するとともに、後段の加算器290に出力する。

【0019】デインターリーブ270は、符号化装置201におけるインターリーブ230によりインターリーブされたインターリーブデータD203のビット配列を、それぞれ、元の入力データD201のビット配列に戻すように、軟出力復号回路280から出力される軟入力の外部情報D213にデインターリーブを施す。デインターリーブ270は、デインターリーブして得られたデータを軟出力復号回路250における情報ビットに対する事前確率情報D210として出力する。

【0020】軟出力復号回路280は、符号化装置201における畳み込み符号化器240に対応して備えられるものであり、軟出力復号回路250と同様に、上述したBCJRアルゴリズムに基づくMAP復号やSOVA復号を行うものである。軟出力復号回路280は、受信装置により受信され、符号化データD206に対応する軟入力の受信語D209を入力するとともに、インターリーブ260から出力された軟入力の情報ビットに対する事前確率情報D212を入力し、これらの受信語D209と事前確率情報D212とを用いて、軟出力復号を行う。そして、軟出力復号回路280は、符号の拘束条件により求められる情報ビットに対する外部情報D213を生成し、この外部情報D213をデインターリーブ270に軟出力として出力するとともに、加算器290に出力する。

【0021】加算器290は、インターリーブ260から出力された軟入力の情報ビットに対する事前確率情報D212と、軟出力復号回路280から出力された情報ビットに対する外部情報D213とを加算する。加算器290は、得られた外部情報D214を後段の2値化回路300に軟出力として出力する。

【0022】2値化回路300は、加算器290により生成された軟出力の外部情報D214に基づいて、この外部情報D214を2値化し、硬出力(hard-output)のデータD215として出力する。

【0023】デインターリーブ310は、符号化装置2

01におけるインターリーブ230によりインターリーブされたインターリーブデータD203のビット配列を、それぞれ、元の入力データD201のビット配列に戻すように、2値化回路300から出力される硬出力のデータD215にデインターリーブを施す。デインターリーブ310は、デインターリーブして得られたデータを硬出力の復号データD216として外部に出力する。

【0024】このような復号装置203は、受信語D207、D208、D209を受信すると、軟出力復号回路250乃至軟出力復号回路280の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の外部情報に基づいて、復号データD216を出力する。

【0025】以上のように、符号化装置201と復号装置203とにより構成されるシステムにおいては、並列接続畳み込み符号による符号化及び並列接続畳み込み符号の復号を行うことが可能となる。

【0026】つぎに、縦列接続畳み込み符号による符号化を行う符号化装置401、及び縦列接続畳み込み符号の復号を行う復号装置403について説明する。

【0027】縦列接続畳み込み符号による符号化を行う符号化装置401としては、例えば図14に示すように、外符号と呼ばれる符号の符号化を行う畳み込み符号化器410と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ420と、内符号と呼ばれる符号の符号化を行う畳み込み符号化器430とを備えるものがある。この符号化装置401は、入力した4ビットの入力データD401に対して、符号化率が $4/6=2/3$ の縦列接続畳み込み演算を行い、6ビットの符号化データD404に変換し、図示しない変調器等を介して外部に出力する。

【0028】畳み込み符号化器410は、4ビットの入力データD401を入力すると、この入力データD401に対して畳み込み演算を行い、演算結果を5ビットの符号化データD402として後段のインターリーブ420に出力する。すなわち、畳み込み符号化器410は、外符号の符号化として符号化率が $4/5$ の畳み込み演算を行い、符号化データD402を後段のインターリーブ420に出力する。

【0029】インターリーブ420は、畳み込み符号化器410から出力された5つのビット系列からなる符号化データD402を入力し、この符号化データD402を構成する各ビットの順序を並べ替え、生成したインターリーブデータD403を後段の畳み込み符号化器430に出力する。

【0030】畳み込み符号化器430は、5ビットのインターリーブデータD403を入力すると、このインターリーブデータD403に対して畳み込み演算を行い、演算結果を6ビットの符号化データD404として外部に出力する。すなわち、畳み込み符号化器430は、内

符号の符号化として符号化率が“5/6”の畳み込み演算を行い、符号化データD404を外部に出力する。

【0031】このような符号化装置401は、畳み込み符号化器410により外符号の符号化として符号化率が“4/5”の畳み込み演算を行い、畳み込み符号化器430により内符号の符号化として符号化率が“5/6”の畳み込み演算を行うことによって、全体として、符号化率が“(4/5) × (5/6) = 4/6 = 2/3”の縦列接続畳み込み演算を行う。この符号化装置401により符号化されたデータは、図示しない変調器により所定の変調方式に基づいて信号点のマッピングが行われ、無記憶通信路402を介して受信装置に出力される。

【0032】一方、符号化装置401による縦列接続畳み込み符号の復号を行う復号装置403としては、例えば図15に示すように、内符号の復号を行う軟出力復号回路440と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーブ450と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ460と、外符号の復号を行う軟出力復号回路470とを備えるものがある。この復号装置403は、無記憶通信路402上で発生したノイズの影響によりアナログ値をとり軟入力とされる受信語D405から符号化装置401における入力データD401を推定し、復号データD410として出力する。

【0033】軟出力復号回路440は、符号化装置401における畳み込み符号化器430に対応して備えられるものであり、上述したBCJRアルゴリズムに基づくMAP復号やSOVA復号を行うものである。軟出力復号回路440は、受信装置により受信された軟入力の受信語D405を入力するとともに、インターリーブ460から供給された軟入力の情報ビットに対する事前確率情報D406を入力し、これらの受信語D405と事前確率情報D406とを用いて、内符号の軟出力復号を行う。そして、軟出力復号回路440は、符号の拘束条件により求められる情報ビットに対する外部情報D407を生成し、この外部情報D407を後段のデインターリーブ450に軟出力として出力する。なお、この外部情報D407は、符号化装置401におけるインターリーブ420によりインターリーブされたインターリーブデータD403に対応するものである。

【0034】デインターリーブ450は、符号化装置401におけるインターリーブ420によりインターリーブされたインターリーブデータD403のビット配列を、それぞれ、元の符号化データD402のビット配列に戻すように、軟出力復号回路440から出力される軟入力の外部情報D407にデインターリーブを施す。デインターリーブ450は、デインターリーブして得られたデータを後段の軟出力復号回路470における符号ビットに対する事前確率情報D408として出力する。

【0035】インターリーブ460は、軟出力復号回路470から出力された軟入力である符号ビットに対する

外部情報D409に対して、符号化装置401におけるインターリーブ420と同一の置換位置情報に基づいたインターリーブを施す。インターリーブ460は、インターリーブして得られたデータを軟出力復号回路440における情報ビットに対する事前確率情報D406として出力する。

【0036】軟出力復号回路470は、符号化装置401における畳み込み符号化器410に対応して備えられるものであり、軟出力復号回路440と同様に、上述したBCJRアルゴリズムに基づくMAP復号やSOVA復号を行うものである。軟出力復号回路470は、デインターリーブ450から出力された軟入力の符号ビットに対する事前確率情報D408を入力するとともに、図示しないが、値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報を入力し、これらの事前確率情報を用いて、外符号の軟出力復号を行う。そして、軟出力復号回路470は、符号の拘束条件により求められる符号ビットに対する外部情報D409を生成し、この外部情報D409をインターリーブ460に軟出力として出力する。また、軟出力復号回路470は、図示しないが、符号の拘束条件により求められる情報ビットに対する外部情報を生成し、この外部情報に基づいて、硬出力の復号データD410を出力する。

【0037】このような復号装置403は、受信語D405を受信すると、軟出力復号回路440乃至軟出力復号回路470の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の外部情報に基づいて、復号データD410を出力する。

【0038】以上のように、符号化装置401と復号装置403とにより構成されるシステムにおいては、縦列接続畳み込み符号による符号化及び縦列接続畳み込み符号の復号を行うことが可能となる。

#### 【0039】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した符号化装置201と復号装置203とにより構成されるシステムや、符号化装置401と復号装置403とにより構成されるシステムに限らず、データを送受信するシステムにおいては、データの伝送品質が低下すると、いわゆるランダム誤りが局所的に高い確率で生じることがある。特に、符号化装置401と復号装置403とにより構成されるシステムのような縦列接続畳み込み符号による符号化を行うシステムや、縦列接続畳み込み符号による符号化と多値変調とを組み合わせた縦列接続符号化変調 (Serial Concatenated Trellis Coded Modulation) 方式による符号化を行うシステムにおいては、ビットエラーレートと、1ビットあたりの信号対雑音電力比 ( $E_b/N_0$ ) との関係で示される性能曲線に現れるいわゆるエラーフロア領域において、ランダム誤りが例えばフレーム単位で約 $10^{-1}$ もの確率で生じる場合があることが



知られている。

【0040】また、符号化装置201と復号装置203とにより構成されるシステムのような並列接続畳み込み符号による符号化を行うシステムや、並列接続畳み込み符号による符号化と多値変調とを組み合わせたターボ符号化変調(Turbo Trellis Coded Modulation)方式による符号化を行うシステムにおいても、性能曲線に現れるいわゆるウォーターフォール領域において、例えばフレーム単位といった局所的に見ると、ランダム誤りが高い確率で生じる傾向にあることが見出された。

【0041】このように、上述したシステムにおいては、全体で見れば、ビットエラーレートが例えば $10^{-3}$ 乃至 $10^{-6}$ 程度といったように、優れた特性を有するものの、フレーム単位といった局所的には、高い確率でランダム誤りが生じることがあった。この対策としては、ブロック符号を外符号として接続することが考えられるが、ランダム誤りがフレーム単位といった局所的に高い確率で生じる場合には、性能を向上させることはできなかった。

【0042】本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、高い確率でランダム誤りが生じた符号に対しても高精度に且つ効率よく復号を行うことができる復号装置、復号方法並びに復号プログラムが記録された記録媒体を提供することを目的とする。

【0043】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成する本発明にかかる復号装置は、入力されたデータに対して、消失訂正が可能な第1の符号による符号化を行う第1の符号化手段と、第2の符号による符号化を行う第2の符号化手段とを、インターリーブ手段を介して接続した符号化機器により符号化された符号の復号を行う復号装置であって、第2の符号の復号を行う第1の復号手段と、インターリーブ手段により並べ替えられたデータの符号ブロック配列を、第1の符号により符号化されたデータの符号ブロック配列に戻すように、第1の復号手段により復号されて供給された復号データにデインターリーブを施すデインターリーブ手段と、第1の符号の復号を行う第2の復号手段と、復号データに含まれる誤りの多少を判定する判定手段とを備え、第2の復号手段は、判定手段により得られた判定結果に応じて、消失訂正を行うことを特徴としている。

【0044】このような本発明にかかる復号装置は、判定手段により復号データに含まれる誤りの多少を判定し、その判定結果に応じて、第2の復号手段により消失訂正を行う。

【0045】また、上述した目的を達成する本発明にかかる復号方法は、入力されたデータに対して、消失訂正が可能な第1の符号による符号化を行う第1の符号化工程と、第2の符号による符号化を行う第2の符号化工程とを、インターリーブ工程を介して接続して行う符号化

方法により符号化された符号の復号を行う復号方法であって、第2の符号の復号を行う第1の復号工程と、インターリーブ工程にて並べ替えられたデータの符号ブロック配列を、第1の符号により符号化されたデータの符号ブロック配列に戻すように、第1の復号工程にて復号されて供給された復号データにデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、第1の符号の復号を行う第2の復号工程と、復号データに含まれる誤りの多少を判定する判定工程とを備え、第2の復号工程では、判定工程にて得られた判定結果に応じて、消失訂正を行うことを特徴としている。

【0046】このような本発明にかかる復号方法は、復号データに含まれる誤りの多少を判定し、その判定結果に応じて、第1の符号の復号の際に消失訂正を行う。

【0047】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかる復号プログラムが記録された記録媒体は、入力されたデータに対して、消失訂正が可能な第1の符号による符号化を行う第1の符号化工程と、第2の符号による符号化を行う第2の符号化工程とを、インターリーブ工程を介して接続して行う符号化方法により符号化された符号の復号を行うコンピュータ制御可能な復号プログラムが記録された記録媒体であって、復号プログラムは、第2の符号の復号を行う第1の復号工程と、インターリーブ工程にて並べ替えられたデータの符号ブロック配列を、第1の符号により符号化されたデータの符号ブロック配列に戻すように、第1の復号工程にて復号されて供給された復号データにデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、第1の符号の復号を行う第2の復号工程と、復号データに含まれる誤りの多少を判定する判定工程とを備え、第2の復号工程では、判定工程にて得られた判定結果に応じて、消失訂正を行うことを特徴としている。

【0048】このような本発明にかかる復号プログラムが記録された記録媒体は、復号データに含まれる誤りの多少を判定し、その判定結果に応じて、第1の符号の復号の際に消失訂正を行う復号プログラムを提供する。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0050】この実施の形態は、図1に示すように、デジタル情報を図示しない送信装置が備える符号化装置1により符号化し、その出力を雑音のある無記憶通信路2を介して図示しない受信装置に入力して、この受信装置が備える復号装置3により復号する通信モデルに適用したデータ送受信システムである。

【0051】このデータ送受信システムにおいて、符号化装置1は、第1の符号(以下、外符号と記す。)としてのリード・ソロモン符号(Reed-Solomon code;以下、RS符号と記す。)による符号化と、第2の符号

(以下、内符号と記す。)としての縦列連接符号化変調 (Serial Concatenated Trellis Coded Modulation; 以下、SCTCMと記す。)方式による符号化とを接続して行うものである。また、復号装置3は、符号化装置1により符号化がなされた符号の復号を行うものであり、SCTCM方式による符号を復号する際に誤りの多少を判定し、その判定結果に応じて、SCTCM方式による符号の復号データが消失されたことを示す消失フラグをSCTCM方式による符号のフレーム単位で付与し、RS符号を復号する際に消失訂正を行うものである。

【0052】符号化装置1は、図2に示すように、外符号としてRS符号による符号化を行う第1の符号化手段であるRS符号化器10と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ手段であるブロックインターリーブ20と、内符号としてSCTCM方式による符号化を行う第2の符号化手段であるSCTCM符号化器30とを備える。

【0053】RS符号化器10は、情報系列として入力した入力データD1に対して、RS符号による符号化を施す。具体的には、RS符号化器10は、入力データD1を一定長のブロックに分割し、例えば図3に示すように、1シンボルを8ビットのデータとし、239シンボルの情報点数を有するデータに対して、16シンボルの検査点数を有するパリティを付加して構成される符号長が255シンボルの符号ブロックを生成する。RS符号化器10は、生成した符号ブロックを符号化データD2として後段のブロックインターリーブ20に出力する。

【0054】ブロックインターリーブ20は、RS符号化器10から供給された符号化データD2に対して、所定の深さ及び長さのブロックインターリーブを施し、符号化データD2を構成する各符号ブロックの順序を置換して並べ替え、インターリーブデータD3を生成する。具体的には、ブロックインターリーブ20は、図4に示すように、RS符号化器10により生成されたRS符号の符号ブロックを同図中縦方向に図示しないメモリに書き込むことによって、255シンボル×16Kビットからなる1ブロックを形成する。そして、ブロックインターリーブ20は、メモリに保持された1ブロックのデータを同図中横方向に読み出すことによって、各符号ブロックの順序を置換して並べ替える。すなわち、ブロックインターリーブ20は、同図に示すようなブロック単位でブロックインターリーブを行う。ここで、メモリに対するデータの書き込み方向で表される1シンボル×16Kビットのデータは、SCTCM方式による符号の1フレームを構成する。ブロックインターリーブ20は、生成したインターリーブデータD3を後段のSCTCM符号化器30に出力する。

【0055】SCTCM符号化器30は、ブロックインターリーブ20から供給されたインターリーブデータD3に対して、SCTCM方式による符号化を施す。具体

的には、SCTCM符号化器30は、図5に示すように、要素符号としての畳み込み演算を行う2つの畳み込み符号化器31、33と、畳み込み符号化器31、33の間に設けられて入力されたデータの順序を並べ替えるインターリーブ32と、所定の変調方式に基づいて信号点のマッピングを行う多値変調マッピング回路34とを有する。

【0056】畳み込み符号化器31は、例えば2ビット単位でインターリーブデータD3を入力すると、このインターリーブデータD3に対して畳み込み演算を行い、演算結果を例えば3ビットの符号化データD5として後段のインターリーブ32に供給する。すなわち、畳み込み符号化器31は、入力されたkビットのデータに対して、符号化率が $k/(k+1)$ の畳み込み演算を行い、符号化データD5を後段のインターリーブ32に供給する。

【0057】インターリーブ32は、畳み込み符号化器31から供給された符号化データD5を入力し、この符号化データD5を構成する各ビットの順序を図示しない記憶部等に予め格納している置換位置情報に基づいて並べ替え、インターリーブデータD6を生成する。インターリーブ32は、生成したインターリーブデータD6を後段の畳み込み符号化器33に供給する。

【0058】畳み込み符号化器33は、例えば3ビット単位でインターリーブデータD6を入力すると、このインターリーブデータD6に対して畳み込み演算を行い、演算結果を例えば3ビットの符号化データD7として後段の多値変調マッピング回路34に供給する。すなわち、畳み込み符号化器33は、入力されたkビットのデータに対して、符号化率が $k/k=1$ の畳み込み演算を行い、符号化データD7を後段の多値変調マッピング回路34に供給する。

【0059】多値変調マッピング回路34は、畳み込み符号化器33から供給された符号化データD7を、クロックに同期させて、例えば8PSK (8-Phase Shift Keying) 変調方式の伝送シンボルにマッピングする。すなわち、多値変調マッピング回路34は、畳み込み符号化器33から供給された例えば3ビットの符号化データD7を1つの伝送シンボルD4としてマッピングする。多値変調マッピング回路34は、生成した伝送シンボルD4を外部に出力する。

【0060】このようなSCTCM符号化器30は、入力したインターリーブデータD3に対して、2つの畳み込み符号化器31、33及びインターリーブ32により縦列連接畳み込み演算を行い、得られた符号化データD7を、多値変調マッピング回路34により例えば8PSK変調方式の伝送シンボルD4にマッピングする。SCTCM符号化器30は、生成した伝送シンボルD4を外部に出力する。

【0061】以上のような各部を備える符号化装置1

は、RS符号化器10により外符号の符号化としてRS符号による符号化を行い、ブロックインターリーブ20を介して、SCTCM符号化器30により内符号の符号化としてSCTCM方式による符号化を行う。この符号化装置1により符号化され且つ変調されたデータは、無記憶通信路2を介して受信装置に出力される。

【0062】一方、復号装置3は、図6に示すように、内符号としてのSCTCM方式による符号の復号を行う第1の復号手段であるSCTCM復号器40と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーブ手段であるブロックデインターリーブ50と、外符号としてのRS符号の復号を行う第2の復号手段であるRS復号器60と、SCTCM復号器40により生成された復号データD9に含まれる誤りの多少を判定する判定手段である判定部70と、この判定部70から供給された判定情報に基づいてフレーム単位で消失フラグを付与する消失フラグ付与手段である消失フラグ付与部80とを備える。

【0063】SCTCM復号器40は、符号化装置1におけるSCTCM符号化器30に対応して備えられるものであり、無記憶通信路2上で発生したノイズの影響によりアナログ値をとり軟入力(soft-input)とされる受信語D8から符号化装置1におけるインターリーブデータD3を推定し、復号データD9として出力することによって、内符号の復号を行う。具体的には、SCTCM復号器40は、図7に示すように、軟出力(soft-output)復号を行う2つの軟出力復号回路41、44と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーブ42と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ43と、入力したデータを2値化する2値化回路45とを備える。

【0064】軟出力復号回路41は、SCTCM符号化器30における畳み込み符号化器33に対応して備えられるものであり、いわゆるBCJR(Bahl, Cocke, Jelinek and Raviv)アルゴリズムに基づく最大事後確率(Maximum A Posteriori probability; 以下、MAPと記す。)復号を行う。軟出力復号回路41は、受信装置により受信された軟入力の受信語D8を入力するとともに、インターリーブ43から供給された軟入力の情報ビットに対する事前確率情報D12を入力し、これらの受信語D8と事前確率情報D12とを用いて、BCJRアルゴリズムに基づくMAP復号を行い、SCTCM符号化器30における畳み込み符号化器33により符号化された符号の軟出力復号を行う。軟出力復号回路41は、符号の拘束条件により求められる外部情報D13を生成し、この外部情報D13を後段のデインターリーブ42に軟出力として供給する。なお、この外部情報D13は、SCTCM符号化器30におけるインターリーブ32によりインターリーブされたインターリーブデータD6に対応するものである。

【0065】デインターリーブ42は、SCTCM符号

化器30におけるインターリーブ32によりインターリーブされたインターリーブデータD6のビット配列を、それぞれ、元の符号化データD5のビット配列に戻すように、軟出力復号回路41から出力される軟入力の外部情報D13にデインターリーブを施す。デインターリーブ42は、デインターリーブして得られたデータを後段の軟出力復号回路44における符号ビットに対する事前確率情報D14として供給する。

【0066】インターリーブ43は、軟出力復号回路44から出力された軟入力である符号ビットに対する外部情報D17に対して、SCTCM符号化器30におけるインターリーブ32と同一の置換位置情報に基づいたインターリーブを施す。インターリーブ43は、インターリーブして得られたデータを軟出力復号回路41における情報ビットに対する事前確率情報D12として供給する。

【0067】軟出力復号回路44は、SCTCM符号化器30における畳み込み符号化器31に対応して備えられるものであり、上述したBCJRアルゴリズムに基づくMAP復号を行う。軟出力復号回路44は、デインターリーブ42から出力された軟入力の符号ビットに対する事前確率情報D14を入力するとともに、値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報D15を入力し、これらの事前確率情報D14、D15を用いて、BCJRアルゴリズムに基づくMAP復号を行い、SCTCM符号化器30における畳み込み符号化器31により符号化された符号の軟出力復号を行う。軟出力復号回路44は、符号の拘束条件により求められる外部情報D16、D17を生成し、外部情報D16を後段の2値化回路45に軟出力として供給するとともに、外部情報D17をインターリーブ43に軟出力として供給する。

【0068】2値化回路45は、軟出力復号回路44により生成された軟出力の外部情報D16に基づいて、軟出力復号回路44から供給された外部情報D16を2値化し、硬出力(hard-output)の復号データD9として出力する。

【0069】このようなSCTCM復号器40は、SCTCM符号化器30における畳み込み符号化器33、31のそれぞれに対応する軟出力復号回路41、44を備えることによって、復号複雑度が高い符号を複雑度の小さい要素に分解し、軟出力復号回路41、44の間の相互作用により特性を逐次的に向上させることができる。SCTCM復号器40は、受信語D8を入力すると、軟出力復号回路41乃至軟出力復号回路44の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の外部情報D16に基づいて、復号データD9を後段のブロックデインターリーブ50に出力する。また、SCTCM復号器40は、後述するように、RS復号器60により消失訂正を行うか否かを判定するための情報として、

復号データD9等を判定部70に出力する。

【0070】ブロックディンターリーブ50は、符号化装置1におけるブロックインターリーブ20に対応して備えられるものであり、ブロックインターリーブ20によりインターリーブされたインターリーブデータD3の符号ブロック配列を、それぞれ、元の符号化データD2の符号ブロック配列に戻すように、SCTCM復号器40から供給された復号データD9にブロックディンターリーブを施す。ブロックディンターリーブ50は、ディンターリーブして得られたデータを後段のRS復号器60における入力データD10として出力する。

【0071】RS復号器60は、符号化装置1におけるRS符号化器10に対応して備えられるものであり、ブロックディンターリーブ50から供給された入力データD10を復号し、復号データD11として出力することによって、外符号の復号を行う。具体的には、RS復号器60は、入力データD10を構成する例えば符号長が255シンボルの符号ブロックからRS符号による誤り訂正処理を行い、復号データD11として出力する。ここで、RS復号器60は、パリティが16シンボルであることから、符号ブロック内に発生した8シンボルまでの誤りを訂正することができる。また、RS復号器60は、後述するように、消失フラグ付与部80から供給されるフラグ情報に基づいて消失訂正を行うこともでき、この場合には、符号ブロック内に発生した16シンボルまでの誤りを訂正することができる。勿論、RS復号器60は、通常の誤り訂正と消失訂正を併用することによって、符号ブロック内に発生した8シンボル乃至16シンボルの誤りを訂正できることはいうまでもない。

【0072】判定部70は、後に詳述するが、SCTCM復号器40から復号データD9等を入力し、これらの情報に基づいて復号データD9に含まれる誤りの割合を上述したSCTCM方式による符号のフレーム単位で評価する。判定部70は、求めた誤りの割合に応じて誤りの多少を判定し、判定結果を示す判定情報を消失フラグ付与部80に出力する。

【0073】消失フラグ付与部80は、判定部70から供給された判定情報に基づいてフレーム単位で消失フラグを付与し、消失フラグを付与したフレームを示すフラグ情報を図示しないメモリに保持する。消失フラグ付与部80は、メモリに保持したフラグ情報をRS復号器60に出力する。

【0074】以上のような各部を備える復号装置3は、SCTCM復号器40により内符号の軟出力復号を行い、ブロックディンターリーブ50を介して、RS復号器60により外符号の復号を行う。この際、復号装置3は、SCTCM復号器40により内符号の軟出力復号を行い得られた復号データD9に含まれる誤りの割合を判定部70によりフレーム単位で評価し、その判定結果に応じてRS復号器60により消失訂正を行う。

【0075】このような符号化装置1と復号装置3により構成されるデータ送受信システムにおいては、符号化装置1においてRS符号化器10とSCTCM符号化器30とを接続することによって、符号化装置としてSCTCM符号化器30を単体で用いた場合に比べ、性能を向上させることができる。具体的には、符号化装置としてSCTCM符号化器30を単体で用いた場合において、ビットエラーレートと、1ビットあたりの信号対雑音電力比( $E_b/N_0$ )との関係で示される性能曲線は、通常、ビットエラーレートが急激に減少する領域であるウォーターフォール領域が、1ビットあたりの信号対雑音電力比に対して任意の幅を有して形成される傾向を呈するが、データ送受信システムにおいては、符号化装置1においてRS符号化器10とSCTCM符号化器30とを接続することによって、ビットエラーレートが1ビットあたりの信号対雑音電力比に対して、より急激に減少することを可能とし、いわゆるエラーフロア領域を除去することができる。

【0076】さらに、データ送受信システムにおいては、復号装置3におけるSCTCM復号器40により得られる復号データD9に対して、判定部70によりフレーム単位で誤りの多少を判定し、その判定結果に応じてRS復号器60により消失訂正を行うことによって、より効率の高い誤り訂正処理を行うことができる。以下、復号装置3における消失訂正を行うための判定処理について詳述する。

【0077】復号装置3において、判定部70による判定処理としては、復号データD9を再符号化して得られたデータと、受信語D8とを比較することによって、復号データD9に含まれる誤りの割合をフレーム単位で判定することが考えられる。

【0078】この場合、判定部70としては、復号データD9をSCTCM符号化器30と同一の構成からなる符号化器に入力して再符号化するようにすればよい。

【0079】しかしながら、SCTCM符号化器30と同一の構成からなる符号化器を設けることは回路規模の増大を招く問題がある。そこでここでは、SCTCM復号器40は、多くの誤りが生じていない場合には、顕著な復号精度を示す一方で、多くの誤りが生じている場合には、得られた復号データD9をSCTCM符号化器30における要素符号である畳み込み符号化器31と同一の構成からなる符号化器に入力して再符号化したデータと、事前確率情報D14を硬判定して得られた硬判定データとが全く一致しなくなることに着目する。

【0080】この場合、判定部70としては、例えば図8に示すように、畳み込み演算を行う畳み込み符号化器71と、入力したデータを2値化する2値化回路72と、2つのデータを比較する比較器73とを有するものが考えられる。

【0081】畳み込み符号化器71は、SCTCM符号

化器 30 における畳み込み符号化器 31 と同一の構成からなる。畳み込み符号化器 71 は、SCTCM 復号器 40 により生成された復号データ D9 を入力し、この復号データ D9 に対して畳み込み演算を行い、演算結果を再符号化データ D18 として比較器 73 に供給する。

【0082】2 値化回路 72 は、SCTCM 復号器 40 により生成された事前確率情報 D14 を硬判定して 2 値化し、硬判定データ D19 として比較器 73 に供給する。

【0083】比較器 73 は、畳み込み符号化器 71 から供給された再符号化データ D18 と、2 値化回路 72 から供給された硬判定データ D19 とをフレーム単位で比較する。

【0084】このような判定部 70 は、比較器 73 によって、畳み込み符号化器 71 により生成された再符号化データ D18 と、2 値化回路 72 により生成された硬判定データ D19 とをフレーム単位で比較し、復号データ D9 に含まれる誤りの割合を求め、例えばその割合が設定された所定の閾値を越えているか否かを示す情報を判定情報として、消失フラグ付与部 80 に出力する。

【0085】また、判定部 70 による判定処理としては、SCTCM 復号器 40 における軟出力復号回路 44 内部で生成される情報ビット  $u$  及び／又は符号ビット  $c$  の尤度を示す事後確率情報、すなわち、情報ビット  $u$  が “1” である確率  $P(u=1)$  と、情報ビット  $u$  が “0” である確率  $P(u=0)$  との比の自然対数で表される符号の拘束条件に基づく事後確率情報や、符号ビット  $c$  が “1” である確率  $P(c=1)$  と、符号ビット  $c$  が “0” である確率  $P(c=0)$  との比の自然対数で表される符号の拘束条件に基づく事後確率情報の分布に基づいて、復号データ D9 に含まれる誤りの割合をフレーム単位で判定することが考えられる。

【0086】多くの誤りが生じていない場合における事後確率情報は、例えば図 9 (A) に示すように、任意の正負値に大きく分かれて分布することが知られている。すなわち、事後確率情報が負の値に分布するものは、情報ビット  $u$  又は符号ビット  $c$  が “0” である確率が高いことを示し、事後確率情報が正の値に分布するものは、情報ビット  $u$  又は符号ビット  $c$  が “1” である確率が高いことを示している。事後確率情報がこのような両極的な分布を呈することは、とりまなおさず、誤りが少なく復号の信頼性が高いことを示すものに他ならない。

【0087】一方、多くの誤りが生じている場合における事後確率情報は、例えば同図 (B) に示すように、値が “0” 近傍に分布することが知られている。すなわち、事後確率情報が “0” 近傍に分布する場合には、情報ビット  $u$  又は符号ビット  $c$  が “0” であるか “1” であるかの確率が 1/2 近傍であることを示しており、事後確率情報が同図 (A) に示したように正負値に明確に分かれた分布を呈さず、このような分布を呈すること

は、誤りが多く復号の信頼性が低いことを示している。

【0088】そこで、判定部 70 としては、このような情報を示す事後確率情報を SCTCM 復号器 40 から入力し、事後確率情報の分布を調べることによって、復号データ D9 に含まれる誤りの割合をフレーム単位で求め、例えばその割合が設定された所定の閾値を越えているか否かを示す情報を判定情報として、消失フラグ付与部 80 に出力するようにしてもよい。

【0089】さらに、判定部 70 による判定処理としては、上述した SCTCM 復号器 40 における軟出力復号回路 44 内部で生成される情報ビット  $u$  及び／又は符号ビット  $c$  の尤度を示す事後確率情報の収束状況に基づいて、復号データ D9 に含まれる誤りの割合をフレーム単位で判定することが考えられる。

【0090】SCTCM 復号器 40 は、上述したように、軟出力復号回路 41 乃至軟出力復号回路 44 の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復するが、この復号動作は、事後確率情報が或る値に収束することを期待して行われるものである。すなわち、多くの誤りが生じている場合には、事後確率情報は、軟出力復号回路 41 乃至軟出力復号回路 44 の復号動作を反復しても収束しない。

【0091】そこで、判定部 70 としては、事後確率情報を SCTCM 復号器 40 から入力し、事後確率情報の収束状況を調べることによって、復号データ D9 に含まれる誤りの割合をフレーム単位で求め、例えばその割合が設定された所定の閾値を越えているか否かを示す情報を判定情報として、消失フラグ付与部 80 に出力することもできる。

【0092】復号装置 3 は、このような判定処理を判定部 70 により行い、得られた判定情報に基づいて消失フラグ付与部 80 によりフレーム単位で消失フラグを付与し、RS 復号器 60 により消失訂正を行うことができる。そのため、復号装置 3 は、上述したように、RS 復号器 60 により通常の誤り訂正を行う場合には、符号ブロック内に発生した 8 シンボルまでの誤りしか訂正することができないところを、消失訂正を併用することによって、最大で 16 シンボルまでの誤りを訂正することができ、フレーム内に多くの誤りが生じた場合にも、高精度に且つ効率よく復号を行うことができる。

【0093】なお、復号データ D9 に含まれる誤りの割合を比較するための閾値としては、予め設定されたものをを用いてもよいが、例えば消失訂正を行うことで得られる効率と復号精度との兼ね合いに応じて、ユーザにより任意に設定するようにしてもよい。

【0094】以上説明したように、本発明の実施の形態として示したデータ送受信システムは、高精度に且つ効率よく誤り訂正処理を行うことができ、ユーザに高い信頼性を提供することができる。

【0095】なお、本発明は、上述した実施の形態に限

定されるものではない。例えば、上述した実施の形態では、符号化装置 1 における S C T C M 符号化器 30 として、畳み込み符号化器を 2 つ有するものとして説明したが、本発明は、3 つ以上の畳み込み符号化器を有し、各畳み込み符号化器の間にインターリーバを設けた S C T C M 符号化器であっても適用可能である。この場合、復号装置 3 における S C T C 復号器としては、畳み込み符号化器の数に応じた軟出力復号回路及びデインターリーバ並びにインターリーバを有するものを用いることは勿論である。

【0096】また、上述した実施の形態では、内符号の符号化として、S C T C M 方式による符号化を行うものとして説明したが、本発明は、例えば、変調信号の信号点の配置を行わない縦列接続畳み込み符号 (Serially Concatenated Convolutional Codes) による符号化にも適用できる他、並列接続畳み込み符号 (Parallel Concatenated Convolutional Codes) による符号化を行う場合や、この並列接続畳み込み符号による符号化と多値変調とを組み合わせたターボ符号化変調 (Turbo Trellis Coded Modulation) 方式による符号化を行う場合にも適用できる。勿論この場合には、内符号の復号を行う復号器としては、各種符号化器に対応したものを用いることはいうまでもない。

【0097】さらに、上述した実施の形態では、外符号の符号化として、R S 符号による符号化を行うものとして説明したが、本発明は、これに拘泥するものではなく、消失訂正を行うことが可能な符号であればいかなるものであっても適用することができる。

【0098】さらにまた、上述した実施の形態では、R S 符号及び S C T C M 方式による符号の 2 つの符号を連接するものとして説明したが、本発明は、3 つ以上の符号を連接する場合にも適用可能である。すなわち、本発明は、少なくとも 1 つは消失訂正を行うことが可能な符号を用いれば、その趣旨を達成するものである。

【0099】また、上述した実施の形態では、符号化装置及び復号装置をデータ送受信システムにおける送信装置及び受信装置に適用して説明したが、本発明は、例えばフロッピー (登録商標) ディスク、CD-ROM 又は MO (Magneto Optical) といった磁気、光又は光磁気ディスク等の記録媒体に対する記録及び／又は再生を行う記録及び／又は再生装置に適用することもできる。この場合、符号化装置により符号化されたデータは、無記憶通信路に等価とされる記録媒体に記録され、復号装置により復号されて再生される。

【0100】さらに、上述した実施の形態では、符号化装置及び復号装置ともハードウェアにより構成された装置であるものとして説明したが、これらの符号化装置及び復号装置とも、例えばワークステーションやパーソナルコンピュータといったコンピュータ装置において実行可能なソフトウェアとして実現することが可能である。

以下、この例について、図 10 を参照して説明する。

【0101】コンピュータ装置 150 は、同図に示すように、各部を統括して制御する CPU (Central Processing Unit) 151 と、各種プログラムを含む情報を格納する読みとり専用の ROM 152 と、ワークエリアとして機能する RAM (Random Access Memory) 153 と、各種プログラムやデータ等の記録及び／又は再生を行う HDD (Hard Disk Drive) 154 と、これらの CPU 151、ROM 152、RAM 153 及び HDD 154 を接続するバス 155 と、CPU 151、ROM 152、RAM 153 及び HDD 154 と後述する表示部 157、入力部 158、通信部 159 及びドライブ 160 との間でデータの入出力を行うための入出力インターフェース 156 と、各種情報を表示する表示部 157 と、ユーザによる操作を受け付ける入力部 158 と、外部との通信を行うための通信部 159 と、着脱自在とされる記録媒体 170 に対する各種情報の記録及び／又は再生を行うドライブ 160 とを備える。

【0102】CPU 151 は、バス 155 を介して ROM 152、RAM 153 及び HDD 154 と接続しており、これらの ROM 152、RAM 153 及び HDD 154 を制御する。また、CPU 151 は、バス 155 を介して入出力インターフェース 156 に接続しており、この入出力インターフェース 156 に接続されている表示部 157、入力部 158、通信部 159 及びドライブ 160 を制御する。さらに、CPU 151 は、ROM 152、HDD 154 又はドライブ 160 に装着された記録媒体 170 に記録されている各種プログラムを実行する。

【0103】ROM 152 は、各種プログラムを含む情報を格納している。この ROM 152 に格納されている情報は、CPU 151 の制御の下に読み出される。

【0104】RAM 153 は、CPU 151 が各種プログラムを実行する際のワークエリアとして機能し、CPU 151 の制御の下に、各種データを一時記憶する。

【0105】HDD 154 は、CPU 151 の制御の下に、ハードディスクに対して各種プログラムやデータ等の記録及び／又は再生を行う。

【0106】バス 155 は、CPU 151 の制御の下に、ROM 152、RAM 153 及び HDD 154 から読み出された各種データ等を伝送するとともに、RAM 153 及び HDD 154 に記録する各種データ等を伝送する。

【0107】入出力インターフェース 156 は、CPU 151 の制御の下に表示部 157 に各種情報を表示するためのインターフェースと、ユーザにより入力部 158 を介して操作された内容を示す制御信号を CPU 151 に対して伝送するためのインターフェースと、CPU 151 の制御の下に通信部 159 を介して外部との間でデータを入出力するためのインターフェースと、ドライブ



160に装着された記録媒体170に対して各種情報の記録及び／又は再生を行うためのインターフェースとを有し、CPU151、ROM152、RAM153及びHDD154からのデータを表示部157、入力部158、通信部159及びドライブ160に対して出力したり、表示部157、入力部158、通信部159及びドライブ160からのデータをCPU151、ROM152、RAM153及びHDD154に対して入力する。

【0108】表示部157は、例えばLCD(Liquid Crystal Display)からなり、CPU151の制御の下に、例えばHDD154に記録されていたデータ等の各種情報を表示する。

【0109】入力部158は、例えばユーザによるキーボードやマウスの操作を受け付け、操作内容を示す制御信号をCPU151に対して出力する。

【0110】通信部159は、CPU151の制御の下に、例えばネットワーク回線や衛星回線等により外部との通信を行うインターフェースとして機能する。

【0111】ドライブ160は、例えばフロッピーディスク、CD-ROM又はMOといった磁気、光又は光磁気ディスク等の記録媒体170を着脱し、CPU151の制御の下に、装着された記録媒体170に対する各種情報の記録及び／又は再生を行う。

【0112】このようなコンピュータ装置150は、CPU151によって、上述した符号化装置1における符号化処理及び／又は復号装置3における復号処理をプログラムを実行することにより実現する。

【0113】まず、コンピュータ装置150における符号化処理について説明する。コンピュータ装置150は、例えばユーザが符号化プログラムを実行するための所定の操作を行うと、入力部158によって、操作内容を示す制御信号をCPU151に対して供給する。これに応じて、コンピュータ装置150は、CPU151によって、符号化プログラムをRAM153にロードして実行し、符号化して得られた伝送シンボルを通信部159を介して外部へと出力するとともに、必要に応じて、表示部157に処理結果等を表示する。

【0114】ここで、符号化プログラムは、例えば記録媒体170により提供されるものであって、CPU151の制御の下に、この記録媒体170から直接読み出されてもよく、ハードディスクに1度記録されたものが読み出されてもよい。また、符号化プログラムは、ROM152に予め格納されていてもよい。さらに、符号化の対象とするデータは、ここではハードディスクに記録されているものとする。なお、このデータは、上述した入力データD1に対応するものである。

【0115】具体的には、コンピュータ装置150は、CPU151により符号化プログラムを実行すると、CPU151の制御の下に、ハードディスクに記録されている所望のデータを読み出し、このデータに対して外符

号の符号化としてRS符号による符号化を行い、上述した符号化データD2に対応する符号化データを生成する。

【0116】続いて、コンピュータ装置150は、CPU151の制御の下に、生成した符号化データに対してブロックインターリーブを施し、上述したインターリーブデータD3に対応するインターリーブデータを生成する。

【0117】続いて、コンピュータ装置150は、CPU151の制御の下に、生成したインターリーブデータに対して内符号の符号化としてSCTCM方式による符号化を行い、上述した伝送シンボルD4に対応する伝送シンボルを生成する。

【0118】コンピュータ装置150は、CPU151の制御の下に、生成した伝送シンボルを1度ハードディスク等に記録した後、所望のタイミングで伝送シンボルを読み出し、通信部159を介して外部へと出力するとともに、必要に応じて、表示部157に処理結果等を表示する。なお、生成した伝送シンボルは、記録媒体170等に記録することもできる。

【0119】このように、コンピュータ装置150は、上述した符号化装置1における符号化処理を符号化プログラムを実行することにより実現することができる。

【0120】つぎに、コンピュータ装置150における復号処理について説明する。コンピュータ装置150は、例えばユーザが復号プログラムを実行するための所定の操作を行うと、入力部158によって、操作内容を示す制御信号をCPU151に対して供給する。これに応じて、コンピュータ装置150は、CPU151によって、復号プログラムをRAM153にロードして実行し、通信部159を介して外部から受信し、上述した受信語D8に対応するものでありハードディスク等に記録されている受信語を復号するとともに、必要に応じて、表示部157に処理結果等を表示する。

【0121】なお、復号プログラムも、符号化プログラムと同様に、例えば記録媒体170により提供されるものであって、CPU151の制御の下に、この記録媒体170から直接読み出されてもよく、ハードディスクに1度記録されたものが読み出されてもよい。また、復号プログラムは、ROM152に予め格納されていてもよい。

【0122】具体的には、コンピュータ装置150は、CPU151により復号プログラムを実行すると、CPU151の制御の下に、ハードディスクから読み出した受信語、若しくは通信部159を介して受信した受信語に対して例えばBCJRアルゴリズムに基づくMAP復号を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行うことによって、内符号の軟出力復号を行い、上述した復号データD9に対応する硬出力の復号データを生成する。

【0123】また、コンピュータ装置150は、CPU151の制御の下に、復号データに含まれる誤りの割合をフレーム単位で評価し、求めた誤りの割合に応じて誤りの多少を判定し、判定結果を示す判定情報を生成する。そして、コンピュータ装置150は、CPU151の制御の下に、判定情報に基づいてフレーム単位で消失フラグを付与し、消失フラグを付与したフレームを示すフラグ情報をRAM153等に保持する。

【0124】続いて、コンピュータ装置150は、CPU151の制御の下に、生成した復号データに対して、ブロックデインターリーブを施し、上述した入力データD10に対応する入力データを生成する。

【0125】続いて、コンピュータ装置150は、CPU151の制御の下に、生成した入力データに対して、RS符号による誤り訂正処理を行い、上述した復号データD11に対応する復号データを生成する。このとき、コンピュータ装置150は、CPU151の制御の下に、フラグ情報をRAM153等から読み出し、このフラグ情報に基づいて、消失フラグが付与されたフレームについては消失訂正を行う。

【0126】コンピュータ装置150は、CPU151の制御の下に、得られた復号データをハードディスク等に記録し、必要に応じて、表示部157に処理結果等を表示する。なお、得られた復号データは、記録媒体170等に記録することもできる。

【0127】このように、コンピュータ装置150は、上述した復号装置3における復号処理を復号プログラムを実行することにより実現することができる。

【0128】以上のように、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

【0129】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明にかかる復号装置は、入力されたデータに対して、消失訂正が可能な第1の符号による符号化を行う第1の符号化手段と、第2の符号による符号化を行う第2の符号化手段とを、インターリーブ手段を介して接続した符号化機器により符号化された符号の復号を行う復号装置であって、第2の符号の復号を行う第1の復号手段と、インターリーブ手段により並べ替えられたデータの符号ブロック配列を、第1の符号により符号化されたデータの符号ブロック配列に戻すように、第1の復号手段により復号されて供給された復号データにデインターリーブを施すデインターリーブ手段と、第1の符号の復号を行う第2の復号手段と、復号データに含まれる誤りの多少を判定する判定手段とを備え、第2の復号手段は、判定手段により得られた判定結果に応じて、消失訂正を行う。

【0130】したがって、本発明にかかる復号装置は、判定手段により復号データに含まれる誤りの多少を判定し、その判定結果に応じて、第2の復号手段により消失

訂正を行うことによって、高精度に且つ効率よく復号を行うことができる。

【0131】また、本発明にかかる復号方法は、入力されたデータに対して、消失訂正が可能な第1の符号による符号化を行う第1の符号化工程と、第2の符号による符号化を行う第2の符号化工程とを、インターリーブ工程を介して接続して行う符号化方法により符号化された符号の復号を行う復号方法であって、第2の符号の復号を行う第1の復号工程と、インターリーブ工程にて並べ替えられたデータの符号ブロック配列を、第1の符号により符号化されたデータの符号ブロック配列に戻すように、第1の復号工程にて復号されて供給された復号データにデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、第1の符号の復号を行う第2の復号工程と、復号データに含まれる誤りの多少を判定する判定工程とを備え、第2の復号工程では、判定工程にて得られた判定結果に応じて、消失訂正を行う。

【0132】したがって、本発明にかかる復号方法は、復号データに含まれる誤りの多少を判定し、その判定結果に応じて、第1の符号の復号の際に消失訂正を行うことによって、高精度に且つ効率よく復号を行うことを可能とする。

【0133】さらに、本発明にかかる復号プログラムが記録された記録媒体は、入力されたデータに対して、消失訂正が可能な第1の符号による符号化を行う第1の符号化工程と、第2の符号による符号化を行う第2の符号化工程とを、インターリーブ工程を介して接続して行う符号化方法により符号化された符号の復号を行うコンピュータ制御可能な復号プログラムが記録された記録媒体であって、復号プログラムは、第2の符号の復号を行う第1の復号工程と、インターリーブ工程にて並べ替えられたデータの符号ブロック配列を、第1の符号により符号化されたデータの符号ブロック配列に戻すように、第1の復号工程にて復号されて供給された復号データにデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、第1の符号の復号を行う第2の復号工程と、復号データに含まれる誤りの多少を判定する判定工程とを備え、第2の復号工程では、判定工程にて得られた判定結果に応じて、消失訂正を行う。

【0134】したがって、本発明にかかる復号プログラムが記録された記録媒体は、復号データに含まれる誤りの多少を判定し、その判定結果に応じて、第1の符号の復号の際に消失訂正を行う復号プログラムを提供することができる。そのため、この復号プログラムが提供された装置は、高精度に且つ効率よく復号を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態として示すデータ送受信システムを適用する通信モデルの構成を説明するブロック図である。



【図2】同データ送受信システムにおける符号化装置の構成を説明するブロック図である。

【図3】RS符号の説明図であって、符号化装置が備えるRS符号化器により生成される符号ブロックを説明する図である。

【図4】符号化装置が備えるブロックインターリーブによるブロックインターリーブを説明する図であって、ブロックインターリーブにより形成されるブロックを説明する図である。

【図5】符号化装置が備えるSCTCM符号化器の構成を説明するブロック図である。

【図6】同データ送受信システムにおける復号装置の構成を説明するブロック図である。

【図7】復号装置が備えるSCTCM復号器の構成を説明するブロック図である。

【図8】復号装置が備える判定部の構成を説明するブロック図である。

【図9】事後確率情報の分布を説明する図であって、(A)は、多くの誤りが生じていない場合における事後確率情報の分布を示し、(B)は、多くの誤りが生じている場合における事後確率情報の分布を示す図である。

【図10】コンピュータ装置の構成を説明するブロック図である。

【図11】通信モデルの構成を説明するブロック図である。

【図12】従来の符号化装置の構成を説明するブロック図であって、並列接続畳み込み符号による符号化を行う符号化装置の構成を説明するブロック図である。

【図13】従来の復号装置の構成を説明するブロック図であって、図12に示す符号化装置により符号化された並列接続畳み込み符号の復号を行う復号装置の構成を説明するブロック図である。

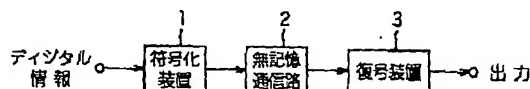
【図14】従来の符号化装置の構成を説明するブロック図であって、縦列接続畳み込み符号による符号化を行う符号化装置の構成を説明するブロック図である。

【図15】従来の復号装置の構成を説明するブロック図であって、図14に示す符号化装置により符号化された縦列接続畳み込み符号の復号を行う復号装置の構成を説明するブロック図である。

【符号の説明】

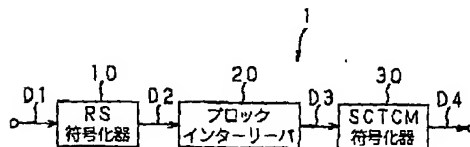
1 符号化装置、 3 復号装置、 10 RS符号化器、 20 ブロックインターリーブ、 30 SCTCM符号化器、 40 SCTCM復号器、 50 ブロックデインターリーブ、 60 RS復号器、 70 判定部、 80 消失フラグ付与部、 150 コンピュータ装置、 151 CPU、 170 記録媒体

【図1】



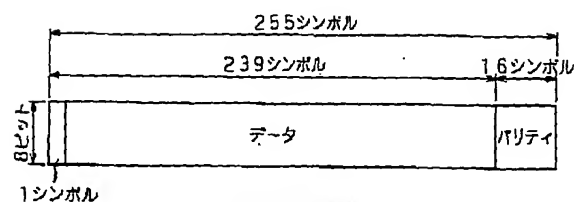
通信モデルの構成ブロック図

【図2】



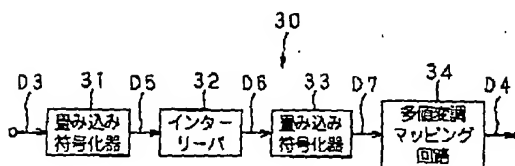
符号化装置の構成ブロック図

【図3】



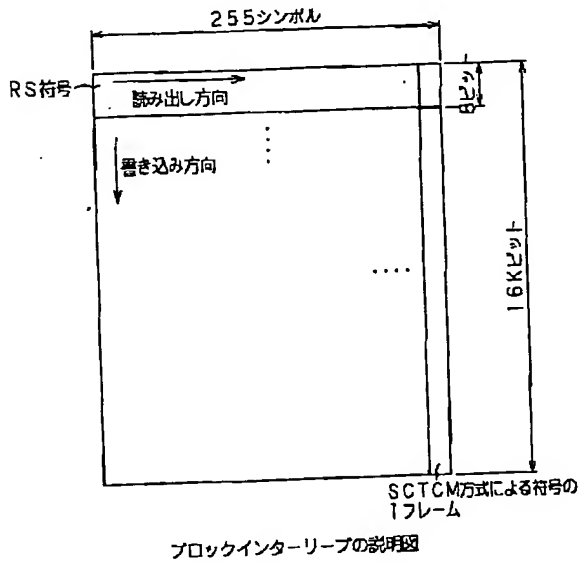
RS符号の説明図

【図5】

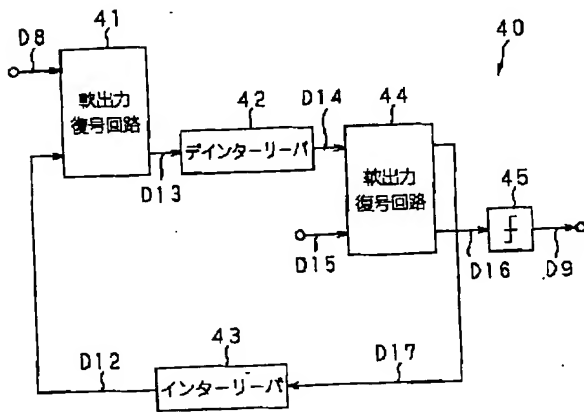


SCTCM符号化器の構成ブロック図

【図4】

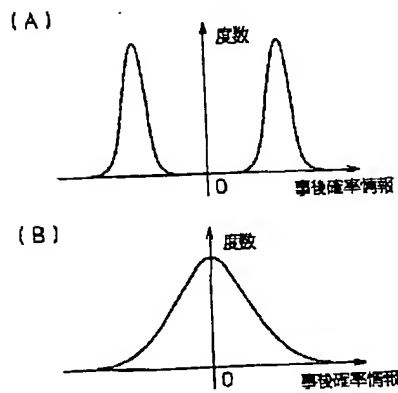


【図7】



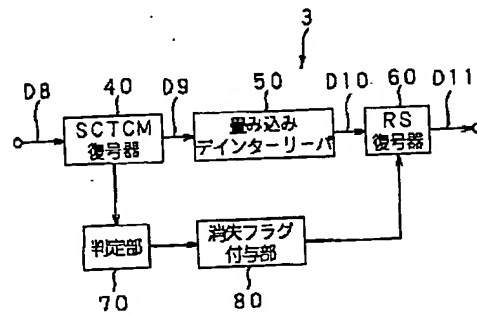
SCTCM復号器の構成ブロック図

【図9】



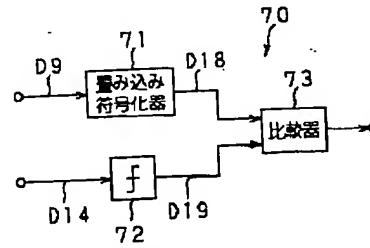
事後確率情報分布の説明図

【図6】



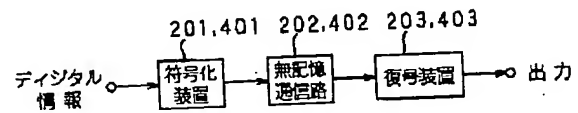
復号装置の構成ブロック図

【図8】



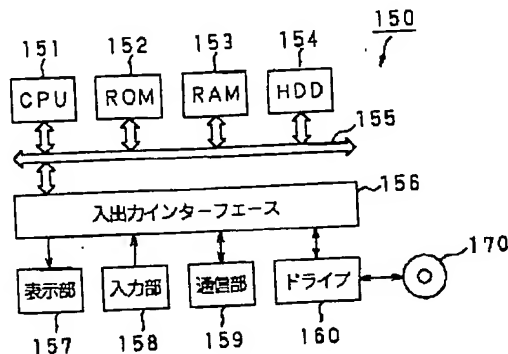
判定部の構成ブロック図

【図11】



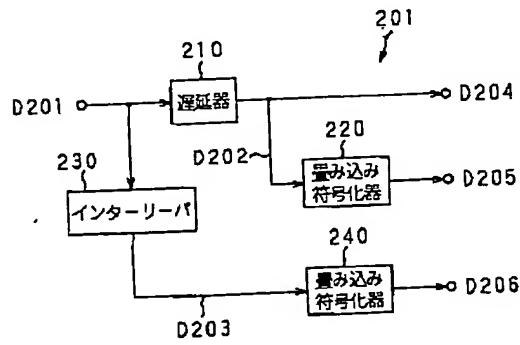
通信モデルの構成ブロック図

【図10】



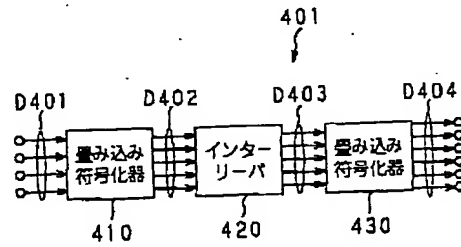
コンピュータ装置の構成ブロック図

【図 12】



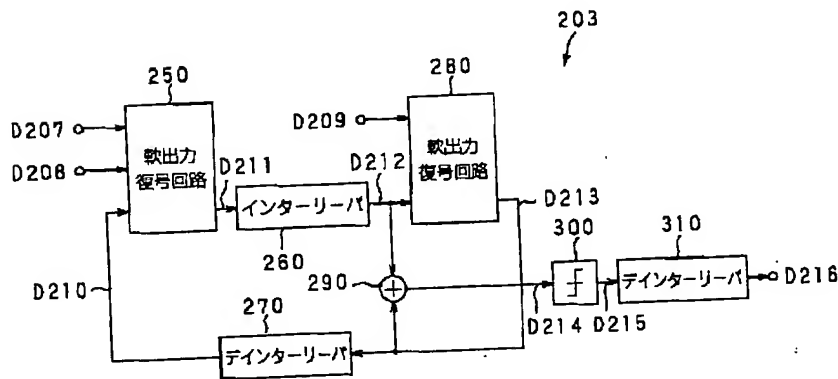
従来の符号化装置の構成ブロック図

【図 14】



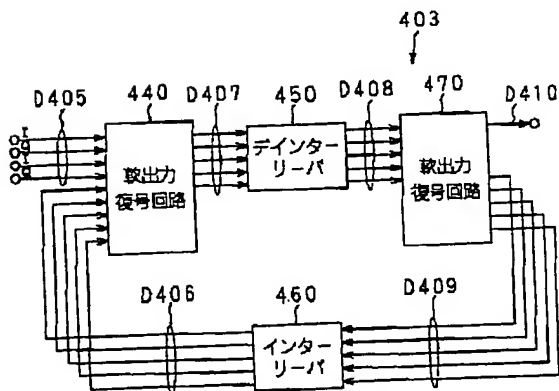
従来の符号化装置の構成ブロック図

【図 13】



従来の復号装置の構成ブロック図

【図 15】



従来の復号装置の構成ブロック図

フロントページの続き

Fターム(参考) 5C059 KK00 MA00 ME01 RD03 RF04  
RF07 RF19 RF21 SS06 SS20  
SS26 TA76 TB04 TC22 TD12  
UA02 UA05  
5J065 AA01 AA03 AB01 AC03 AD10  
AD11 AD13 AE06 AG06 AH02  
AH21